The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	数値シミュレーションによる非定常キャビテーション流れの解析に関する研究
Author(s)	沖田, 浩平
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43490
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【42】

氏　　名	沖　田　浩　平（おき　た　こう　へい）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17015　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械物理工学専攻
学　位　論　文　名	**数値シミュレーションによる非定常キャビテーション流れの解析に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　三宅　　裕 （副査） 教　授　稲葉　武彦　　教　授　辻本　良信　　助教授　梶島　岳夫

論文内容の要旨

翼のキャビテーション性能予測と翼における遷移キャビテーションおよび翼列における旋回キャビテーションなどのキャビテーションによる不安定現象の解析を研究目標として、非定常キャビテーション流れに対する数値解析手法の構築を行った。本研究において開発された数値解析手法を角柱、単独翼および翼列まわりのキャビテーション流れに適用し、キャビテーション発生に伴う定常（時間平均）および非定常な流れ場の変化の再現性を示すとともに、遷移キャビテーションにおけるリエントラントジェットと大規模なクラウドキャビテーション放出の関係などの流れ構造を明らかにした。本論文の内容を各章ごとに要約すると、以下のようになる。

第1章では、研究の背景とこれまで行われてきた数値解析のとりくみについて総括した。

第2章では、キャビテーション流れにおいては気泡の体積・並進運動と物体まわりの渦運動の時空間スケールが大きく異なることと圧縮性が極端に異なる液体と気体が混在する場という数値解析を行う上で困難な問題に対して、既存のChenらのキャビテーションモデルに対して気泡力学に基づいた独自の修正を施したモデルを採用し、また、周囲流体である液体を完全な非圧縮性流体ではなく弱圧縮性流体として取り扱うことで新たな数値解析手法の提案を行った。

第3章では、角柱まわりのキャビテーション流れについて解析し、角柱に働く流体力におけるモデルパラメータの影響を調べた結果、時間平均値には影響がなく、変動強度はモデル定数に依存するもののキャビテーション数依存性には影響がなかった。また、キャビテーション発生に伴う流体力の変化に対して定性的に妥当な結果が得られ、実験において励振状態が剥離せん断層に発生する流動形空洞からスーパーキャビテーションへ移行する遷移状態で起こるということが計算においても再現されるなど本解析手法の妥当性を確認した。

第4章では、単独翼まわりのキャビテーション流れについて解析し、翼のキャビテーション性能予測は実験結果と比較して良好に一致したことを示した。また、実験で観察された遷移キャビテーションの周期的な非定常現象が計算によって再現され、遷移キャビテーションにおいてはリエントラントジェットによって生成されるクラウドキャビテーションを伴う大規模渦が支配的な流れであることがわかった。

第5章では、翼列まわりのキャビテーション流れについて解析し、翼列のキャビテーション性能予測およびキャビテーション発生によるストローハル数の変化が実験結果と比較して良好に一致したことを示した。遷移キャビテーション状態における翼列不安定現象を再現し、マスフローゲインファクターMのM＞0がもつ不安定効果により発生領域

が旋回していくことを示した。また、直線翼列および軸流羽根車に対する解析から、クラウドキャビテーション放出のパターンはリエントラントジェットによって決定され、リエントラントジェットはシートキャビティ界面の流れとシートキャビティ後端における逆圧力勾配の関係から決まることがわかった。

第6章「結言」では、以上の研究成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

キャビテーションは、液体の流れ場において圧力が飽和蒸気圧よりも低下する領域に発生する空洞現象である。キャビテーションの予測と制御は、最近ではロケットの液体燃料ポンプや海上高速輸送機関に関連して重要な技術課題となっている。キャビテーションは流体機械の作動不安定を引き起こし、しばしば重大な事故を引き起こすことが知られている。また、不快な騒音を発生させる原因でもある。一方、キャビテーション崩壊に伴う衝撃には工学的な利用価値も見出されている。いずれの場合も現象の解明には非定常な圧力場を把握することが不可欠である。そのような目的には数値シミュレーションが適しているため、近年、計算機の発達とともに数値流体力学を用いたキャビテーションによる諸現象の解明が試みられている。しかし、キャビテーション流れには様々な時空間スケールと圧縮率の大きな変化という数値解析を行う上での困難な問題がある。そのため、個々の気泡の挙動の解析や翼（列）の時間平均特性については一応の成果が得られているが、工学的・工業的に重要な非定常流れ現象に対しては未だ十分な解析手法の構築には至っていない。

本論文は以上のような背景から、非定常キャビテーション流れに対する新たな数値解析手法の構築により、翼および翼列におけるキャビテーション性能予測とキャビテーション不安定現象の解析を目的とする研究をまとめたものである。本研究の成果は以下のように要約される。

(1)既存のキャビテーションモデルに対して気泡力学に基づいた独自の修正を施したモデルを提案するとともに、液相を弱圧縮性流体として取り扱い、それに伴う境界条件の開発を加えて、工学的目的に適したキャビテーション流れの解析において高効率かつ安定な手法を構築している。

(2)上記の数値解析手法を角柱、単独翼および翼列まわりのキャビテーション流れに適用し、時間平均および非定常な流れ場について実験結果と比較を行い、モデルを最適化して十分な精度で再現できることを示している。

(3)さらに次のような遷移キャビテーション時の非定常流れ構造を解明している。まず、キャビティ領域を逆流するリエントラントジェットによる大規模渦がクラウドキャビテーションを生成する機構を示している。次に、翼列においては、流れ場の不安定効果によりクラウドキャビテーション領域が旋回することを示している。

以上のように、本論文は、キャビテーション流れの工学的目的に対する適切な数値解析手法を提示するとともに、キャビテーション発生時の翼性能の予測や翼および翼列におけるキャビテーション不安定現象の流れ構造を解明した結果をとりまとめたもので、極限的な性能を要求される流体機械の設計に大きく貢献するものである。これらの成果は流体工学に新しい知見を与えるものであり、機械工学の発展に大きく寄与している。よって、本論文は博士論文として価値あるものとみとめる。